

2/7/1

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI

(c) 2002 Thomson Derwent. All rts. reserv.

012842340 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 2000-014172/200002

**Four-stroke internal combustion engine operating process**

Patent Assignee: DAIMLERCHRYSLER AG (DAIM )

Inventor: NIEBERDING R

Number of Countries: 002 Number of Patents: 003

**Patent Family:**

| Patent No   | Kind | Date     | Applicat No | Kind | Date     | Week     |
|-------------|------|----------|-------------|------|----------|----------|
| DE 19818596 | A1   | 19991125 | DE 1018596  | A    | 19980425 | 200002 B |
| DE 19818596 | C2   | 20000427 | DE 1018596  | A    | 19980425 | 200025   |
| US 6105550  | A    | 20000822 | US 99295115 | A    | 19990419 | 200042   |

Priority Applications (No Type Date): DE 1018596 A 19980425

**Patent Details:**

| Patent No   | Kind | Lan | Pg | Main IPC    | Filing Notes |
|-------------|------|-----|----|-------------|--------------|
| DE 19818596 | A1   |     | 7  | F02B-011/00 |              |
| DE 19818596 | C2   |     |    | F02B-011/00 |              |
| US 6105550  | A    |     |    | F02B-003/00 |              |

Abstract (Basic): DE 19818596 A1

NOVELTY - The operating process involves compression ignition and direct fuel injection into the combustion chamber (3) of cyclically altering volume, with gas flow through induction and exhaust valves (5, 6). When the engine is being operated in the lower and middle partial load region, the compression ignition comes into effect, with the retention of the exhaust gas being controlled mechanically, whereas at full load and the higher partial load region, the engine operates as an Otto cycle engine.

USE - None given.

ADVANTAGE - reduced emission of nitrogen oxides.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a schematic view of the engine.

Combustion chamber (3)

Induction valve (5)

Exhaust valve (6)

pp; 7 DwgNo 1/3

Derwent Class: Q52

International Patent Class (Main): F02B-003/00; F02B-011/00

International Patent Class (Additional): F02D-009/04; F02D-013/02



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Patentschrift**  
⑩ **DE 198 18 596 C 2**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 02 B 11/00**  
F 02 D 13/02  
F 02 D 9/04

⑳ Aktenzeichen: 198 18 596.0-13  
㉔ Anmeldetag: 25. 4. 1998  
㉕ Offenlegungstag: 25. 11. 1999  
㉖ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 27. 4. 2000

**DE 198 18 596 C 2**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

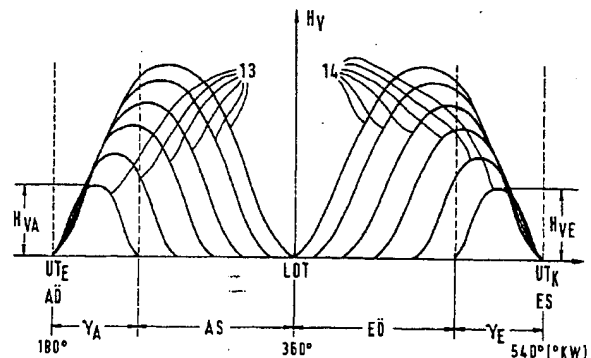
⑦③ **Patentinhaber:**  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦② **Erfinder:**  
Niederding, Rolf-Günther, 70182 Stuttgart, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
DE 195 19 663 A1

⑤④ **Verfahren zum Betrieb einer im Viertakt arbeitenden Hubkolbenbrennkraftmaschine**

⑤⑦ Verfahren zum Betrieb einer im Viertakt arbeitenden Hubkolbenbrennkraftmaschine, mit einem homogenen, mageren Grundgemisch aus Luft, Kraftstoff und zurückgehaltenem Abgas sowie mit Kompressionszündung und direkter Kraftstoffeinspritzung in einen Brennraum (3), dessen Volumen sich zyklisch ändert und der durch mindestens ein Einlaßorgan (5) mit Frischgas füllbar ist und dessen Verbrennungsabgase durch mindestens ein Auslaßorgan (6) zumindest teilweise ausschiebbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß bei Betrieb der Hubkolbenbrennkraftmaschine (15) im unteren und mittleren Teillastbereich die Kompressionszündung und mit vorzugsweise mechanisch gesteuerter Abgasrückhaltung zur Anwendung kommt, während die Hubkolbenbrennkraftmaschine (15) im Vollast- und hohen Teillastbereich ottomotorisch betrieben wird.



**DE 198 18 596 C 2**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer im Viertakt arbeitenden Hubkolbenbrennkraftmaschine, mit einem homogenen, mageren Grundgemisch aus Luft, Kraftstoff und zurückgehaltenem Abgas sowie mit Kompressionszündung und direkter Kraftstoffeinspritzung in einen Brennraum, dessen Volumen sich zyklisch ändert und der durch mindestens ein Einlaßorgan mit Frischgas füllbar ist, und dessen Verbrennungsabgase durch mindestens ein Auslaßorgan zumindest teilweise ausschleubar sind.

Hubkolbenbrennkraftmaschinen mit innerer Verbrennung bieten bei Kompressionszündung homogener, magerer Gemische die Möglichkeit geringer Stickoxidbildung bei hohem thermischen Wirkungsgrad. Voraussetzung dafür ist das Erreichen einer optimalen Zündtemperatur, bei der sich ein optimaler Beginn und Ablauf einer sich selbst erhaltenden Verbrennung einstellt.

Bei nicht ausreichender Temperatur des Gemisches während der Kompression beginnt die Verbrennung zu spät und fällt unvollständig aus. Bei einer zu hohen Temperatur entstehen aufgrund der sich dann selbst beschleunigenden Verbrennung steile Druckanstiege mit klopfender Verbrennung.

Die optimale Zündtemperatur kann durch Variation der Verdichtung und/oder durch Variation der Rückhaltung von Abgasen aus dem vorhergehenden Zyklus erreicht werden. Die Variation dieser Größen durch ein voll variables Ventilsteuersystem ist sehr aufwendig. Außerdem besteht bei der Variation der Verdichtung über einen variablen Einlaßschluß der Nachteil, daß mit zunehmender Leistung die zulässige Verdichtung und damit die Füllung vermindert werden muß, wodurch die Motorleistung begrenzt ist. Eine weitere Leistungsgrenze ergibt sich aus dem Betrieb mit magerem Gemisch. Unter Anwendung hoher Abgasanteile kann zwar auch stöchiometrisches Gemisch mit Kompressionszündung unter Vermeidung steiler Druckanstiege und Stickoxidemission verbrannt werden, jedoch mit dem Nachteil einer verringerten Frischgasfüllung und damit einer Leistungseinbuße.

Diese Nachteile gelten auch für die DE 195 19 663 A1, in der ein Verfahren zum Betrieb eines Verbrennungsmotors mit Kompressionszündung beschrieben ist. Hier wird in einer ersten Stufe ein mit äußerer Gemischbildung erzeugtes homogenes und mageres Luft/Kraftstoffgemisch bis nahe an die Zündgrenze komprimiert. In einer zweiten Stufe wird eine Zusatzmenge des gleichen Kraftstoffes fein zerstäubt und unter Vermeidung von Wandberührung in den Verbrennungsraum eingespritzt. Der spät eingespritzte Kraftstoff bildet eine Gemischwolke, die sich entzündet, da deren Zündgrenze aufgrund des höheren Kraftstoffgehalts unterhalb der in der ersten Stufe erreichten Kompressionstemperatur liegt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Gattung zu schaffen, durch das mit möglichst geringem Bauaufwand eine niedrige NOx-Emission und ein hoher Wirkungsgrad erreicht werden.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Durch den Betrieb mit Kompressionszündung bei Teillast, die im Fahrzeugbetrieb überwiegt, sind geringe NOx-Emission und niedriger Verbrauch sichergestellt. Die dabei wirksame Regelung von Verbrennungsbeginn und -verlauf durch mechanisch gesteuerte Abgasrückhaltung benötigt einen vergleichsweise geringen Aufwand. Durch den ottomotorischen Betrieb bei hoher Teillast und Vollast wird eine hohe Leistung erzielt. Eine solche Lastanforderung hat jedoch nur einen geringen Anteil an der Gesamtbetriebsdauer,

somit spielt die dabei auftretende NOx-Emission und Kraftstoffverbrauch eine untergeordnete Rolle. Der dafür erforderliche Aufwand hält sich in den für Otto-Motoren üblichen Grenzen.

Die zur Steuerung der Verbrennung bei Kompressionszündungen erforderliche Abgasmasse entsteht im Brennraum durch die Verbrennung des Kraftstoffs und der Luft aus der zugeführten Masse Frischgemisch. Die während der Verbrennung freigesetzte Energie wird durch Expansion bis zum maximalen Brennraumvolumen auf die Kurbelwelle abgeführt. Anschließend wird ein Auslaßquerschnitt geöffnet und Abgas durch die Verringerung des Volumens herausgeschoben. Im Laufe des Ausschleibvorgangs während der Verringerung des Brennraumvolumens schließt das Auslaßventil und hält Abgasanteile zurück. Die Abgasmenge wird wieder bis zum minimalen Brennraumvolumen komprimiert und damit thermisch aktiv gehalten. Die notwendige Abgasmasse kann im Brennraum nur zurückgehalten werden, wenn das Einlaßventil nach der Kompression des Abgases bei einem Volumen öffnet, das größer ist als das, bei dem das Auslaßventil vor der Kompression geschlossen wurde.

Das zurückgehaltene Abgas entstammt einer Verbrennung unter Luftüberschuß. Mit Hilfe der vorgesehenen inneren Gemischbildung kann in das bereits expandierende, komprimierte Abgas eine Kraftstoffmenge eingespritzt werden, die mit der vorhandenen Restluft eine beginnende, chemische Reaktion eingeht, die aufgrund der schnellen Volumenvergrößerung nicht durchreagieren kann, aber eine signifikante Anzahl von chemisch aktiven Radikalen bildet und somit die anschließend zugeführte Frischgemischmasse während der darauffolgenden Kompression leichter entzündet.

Für die chemische Aktivierung ist es nicht notwendig, die Masse des zurückgehaltenen Abgases so exakt anzusteuern, wie für die Kompressionszündung ohne Aktivierung. Durch die chemische Aktivierung (Radikalbildung) wird der Effekt der thermischen Aktivierung und die zündrelevante Wirkung der Abgasrückhaltung um ein Vielfaches verstärkt. Daher kann für die Sicherstellung einer Mindestmasse der Abgasrückhaltung eine kleinere, aber deutliche Ventilunterschneidung vorgesehen werden.

Die Ventilunterschneidung ist mit einer zweiten Nockenform mechanisch einfach realisierbar. Die Umschaltung zwischen einer ottomotorischen Nocke mit Ventilüberschneidung und einer mit Ventilunterschneidung ist mit dem sogenannten VTEC-System leicht darstellbar. Der Motor kann mit der zweiten, einstellbaren Nockenform, die einer ottomotorischen Auslegung entspricht, im Vollastbereich und im Bereich der oberen Teillast betrieben werden. Hinzu kommen die bei ottomotorischem Betrieb üblichen Elemente wie konstante Verdichtung, Einlaßdrosselklappe und Funkenzündung für das homogene, stöchiometrische Gemisch. Der Zeitquerschnitt für die Ventilerhebung mit Ventilunterschneidung sollte ungefähr die Hälfte des Zeitquerschnittes bei Vollast betragen.

Die notwendige zurückgehaltene Abgasmenge ist abhängig von den Aktivierungsbedingungen, die sich abhängig von Last und Drehzahl nach den Bedingungen der Einspritzung und chemischen Reaktionseinleitung einstellen. Eine Steuerung der Abgasmenge über die Zeitquerschnitte ist mit einer festen mechanischen Nockenform nicht mehr möglich. Die benötigte Abgasmenge wird nicht über die Dauer der Öffnung oder der Größe des Zeitfensters der Ventilöffnung eingestellt, sondern über die Druckdifferenz zwischen dem Brennraum und der Abgasdrossel hinter dem Auslaßventil. Die dafür notwendige Abgasstauklappe regelt die Druckdifferenz zwischen Brennraum und Abgasstrang, bevor das Ventil zur Kompression der Abgasrückhaltung wieder

schließt.

Der Zeitquerschnitt des Einlaßorgans ist deutlich kleiner als der des Auslaßorgans. Der geringere Zeitquerschnitt des Einlaßorgans wird bezüglich Massenstrom durch die sich einstellende größere Druckdifferenz kompensiert.

Da es im Betrieb mit Abgasdrosselklappen keine Ventilüber-, sondern eine Ventilunterschneidung gibt, kann der Druckzustand im Abgaskrümmers sich nicht auf den Zustand vor dem Einlaßventil auswirken. Die beiden gasdynamischen Bereiche vor und nach dem Brennraum bleiben getrennt. Die Laststeuerung des Betriebs geschieht über die Stellung der Abgasdrosselklappe. Diese bestimmt die maximal ausgeschobene Masse aus dem Brennraum und damit die angesaugte Ladungsmasse für den nächsten Verbrennungshub.

Die Abgasdrosselklappe kann am Ende des gemeinsamen Auspuffkrümmers montiert werden oder direkt hinter jedem Auslaßorgan jedes Einzelzylinders. Das Grundprinzip bleibt für beide Systeme identisch. Eine Überschneidung von Abgasmasse aus einem Einzelzylinder in den anderen ist nicht zu erwarten, da die Anstauung nicht zeitgleich und jeweils unter deutlicher Druckdifferenz bei relativ hoher Geschwindigkeit der Änderung des Brennraumvolumens stattfindet.

Das Abgas wird von der Abgasstauklappe durch Verengung des Strömungsquerschnitts auf einen höheren Druck als den Umgebungsdruck gestaut. Nach dem engsten Querschnitt wird das Medium auf die Umgebungsbedingungen des Drucks expandiert und die Dichte sinkt ab. Wird die Abgasdrosselklappe mit einer sich stetig erweiternden Querschnittsfunktion über die Strömungslänge nach dem kleinsten Querschnitt in Strömungsrichtung versehen, so kann die Dichte des aufgestauten Abgases unter Vermeidung des Ausflußverlustes oder eines Entspannungsstoßes geändert werden. Der Ausflußverlust einer unstetigen Druck- und Dichteänderung über das strömende Medium soll vermieden werden.

Die Erfindung ist anhand der Zeichnung, die Ausführungsbeispiele der Erfindung zeigt, in der folgenden Beschreibung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

**Fig. 1** eine schematische Darstellung einer Hubkolbenbrennkraftmaschine mit einem Steuergerät für eine mechanische Abgasrückhaltung und für eine Einspritzbetätigung sowie mit Mitteln zur Verbrennungsanalyse,

**Fig. 2** verschiedene Ventilhubverläufe über dem Kurbelwinkel dargestellt bei stufenloser mechanischer Änderung der Zeitquerschnitte der Gaswechselorgane,

**Fig. 3** Ventilhubverläufe über dem Kurbelwinkel dargestellt bei zweistufiger mechanischer Änderung der Zeitquerschnitte der Gaswechselorgane.

Ein in **Fig. 1** schematisch dargestellte Verbrennungsmotor **15** umfaßt einen Zylinderblock **1** mit vier Zylindern **2**, in denen Kolben dichtend geführt sind und die durch einen Zylinderkopf verschlossen sind. Zylinder **2**, Kolben und Zylinderkopf umschließen einen Brennraum **3**, in dem die Verbrennung stattfindet. Im Zylinderkopf befinden sich pro Brennraum **3** ein Kraftstoffeinspritzventil **4**, ein Einlaßorgan **5** und ein Auslaßorgan **6**. Das Kraftstoffeinspritzventil **4** wird von einer Einspritzbetätigung **7** geöffnet und geschlossen. Der mit mechanischer Abgasrückhaltung **8** bezeichnete Bereich umfaßt eine Betätigungsvorrichtung für die Gaswechselorgane **5, 6**. Je nach verwendetem System gehören dazu auch ein oder mehrere Nockenwellen mit Phasenstellern, schaltbaren Tassenstößeln mit variabler Ventilhubbegrenzung oder Rollenschlepphebel mit variablem Anlenkpunkt sowie unterschiedliche Nocken mit Umschaltsystem ähnlich dem sogenannten VTEC-System und mindestens eine Abgasdrosselklappe. Für ottomotorischen Betrieb sind noch eine nicht dargestellte Einlaßdrosselklappe und eine

Funkenzündung vorgesehen.

Ein Steuergerät **9** steuert den Öffnungs- und Schließvorgang des Kraftstoffeinspritzventils **4** und der Gaswechselorgane **5, 6**.

**Die Verbrennung wird mit einem Drehmomentanalysator **10** überwacht, der die Drehungleichförmigkeit der Kurbelwelle am Umfang eines Schwungrads **11** mit Hilfe eines Drehzahlsensors **12** detektiert und an das Steuergerät **9** weiterleitet. Zusätzlich kann eine Ionenstromsonde im Brennraum **3** oder ein Klopfsensor am Zylinderblock **1** zur Verbrennungsbeurteilung herangezogen werden. Alle diese Sensoren liefern dem Steuergerät **9** Echtzeitsignale von Lage und Verlauf der Verbrennung, was unter Berücksichtigung dieser Werte die Steuerung der Kraftstoffeinspritzventile **4** und der Gaswechselorgane **5, 6** bewirkt.**

**Fig. 2 zeigt unterschiedliche Auslaßventilhubkurven **13** des Auslaßorgans **6** und verschiedene Einlaßventilhubkurven **14** des Einlaßorgans **5**, wobei die Gaswechselorgane **5, 6** einen mechanischen Antrieb mit kontinuierlicher Änderung der Zeitquerschnitte aufweisen. Die Ventilhubkurven **13, 14** sind über dem Kurbelwinkel KW aufgetragen. Der dargestellte Kurbelwinkel KW umfaßt den Bereich des Ausschubtaktes (vom unteren Totpunkt der Expansion  $UT_E$  bis zum oberen Totpunkt des Ladungswechsels LOT) und des Ansaugtaktes (vom LOT bis zum unteren Totpunkt der Kompression  $UT_K$ ). Die Ventilhubkurven **13, 14** haben unterschiedliche Öffnungswinkel  $\gamma_A, \gamma_E$  und dazu passende unterschiedliche maximale Ventilhubhöhen  $H_{VA}, H_{VE}$ . Dadurch sind alle Ventilhubkurven **13, 14** ähnlich. Die Auslaßventilhubkurven **13** beginnen alle im unteren Totpunkt der Expansion  $UT_E$ , die Einlaßventilhubkurven **14** enden alle im unteren Totpunkt der Kompression  $UT_K$ . Die Ventilhubkurven **13, 14** sind jeweils paarweise angeordnet, wobei der Öffnungswinkel  $\gamma_A$  der Auslaßventilhubkurve **13** größer als der Öffnungswinkel  $\gamma_E$  der zugehörigen Einlaßventilhubkurven **14** ist.**

Alle Ventilhubkurven **13, 14** vermeiden eine Ventilüberschneidung, d. h. das Auslaßorgan **6** schließt immer vor dem Öffnen des Einlaßorgans **5**. Weiterhin sind die Zeitquerschnitte für die Ladungswechselorgane **5, 6** im Betrieb mit Kompressionszündung und Abgasrückhaltung so gewählt, daß im Brennraum **3** zurückgehaltenes Abgas nicht durch die Einlaßventile zurückgeschoben werden kann.

Nachstehend sind einige Beispiele der Verstellung des Auslaßschlusses AS bei konstantem Auslaßöffnen AO und des Einlaßbeginns EO bei konstantem Einlaßschließen ES im Motorbetrieb angeführt:

Geringe Last, mageres Luft-/Kraftstoffgemisch:

AS: früh – nur wenig Abgas wird aus dem Brennraum herausgelassen.

EO: spät – lange Expansion aufgrund der großen Menge und Temperatur des Abgases, das überexpandiert werden kann, führt zu einer guten Vermischung des Frischgases im Abgas, höhere Last, annähernd stöchiometrisches Luft-/Kraftstoffgemisch:

AS: spät – viel Abgas muß durch Frischgemisch ersetzt werden,

EO: früh – die hohe Menge an einströmendem Gas sorgt für gute Vermischung,

steigende Drehzahl:

AS: tendenziell später, da mit zunehmender Drehzahl der Wandwärmeverlust abnimmt, der Kompressionsvorgang zu einer höheren Gastemperatur führt, weniger Restgas nötig ist.

EO: tendenziell früher, die höhere Gasgeschwindigkeit und Drehzahl führt zu ausreichend guter Vermischung.

**Fig. 3 zeigt wie Fig. 2 einzelne Ventilhubkurven **13, 14** eines Auslaßorgans **5** und eines Einlaßorgans **6**, die jedoch**

einen zweistufigen mechanischen Antrieb durch zwei unterschiedliche, getrennt aktivierbare Nocken aufweisen. Die übrigen Merkmale wie Ähnlichkeit der Kurven, gleicher Auslaßbeginn AÖ und gleicher Einlaßschluß Es, der Öffnungswinkel  $\gamma_A$  der Auslaßventilhubkurve 13 jeweils größer als der Öffnungswinkel  $\gamma_E$  der zugehörigen Einlaßventilhubkurve 14 und fehlende Überschneidung der Ventilhubkurven 13, 14 entsprechen denen von Fig. 2.

Die Zeitquerschnitte der Ventilhubkurven der beiden Stufen verhalten sich wie 2 : 1. Eine kontinuierliche Änderung der zurückgehaltenen Abgasmenge wird bei diesem System durch Drosseln des Abgasstroms in der Abgassammelleitung oder nach den einzelnen Auslaßorganen 6 erreicht, wobei letztere Lösung besonders schnell auf geänderte Betriebsverhältnisse anspricht.

In das zurückgehaltene, komprimierte Abgas kann Aktivierungskraftstoff eingespritzt werden, der bei spätem Einspritzzeitpunkt zur Bildung von Radikalen und bei frühem Einspritzzeitpunkt durch seine Entzündung zur Temperaturerhöhung des Abgases führt. Durch die Aktivierung des zurückgehaltenen Abgases kann dessen Menge verringert werden.

Die zur Steuerung der Kompressionszündung verwendete Abgasdrosselung und Abgasaktivierung kann auch bei der kontinuierlichen Variation der Zeitquerschnitte der Gaswechselorgane 5, 6 angewendet werden.

Der Vollast- und hohe Teillastbereich wird in jedem Fall durch ottomotorischen Betrieb realisiert. Dazu sind zusätzlich eine Ansaugluftdrosselklappe, eine Fremdzündungsanlage sowie Ventilüberschneidung und ein stöchiometrisches Luft-/Kraftstoffgemisch erforderlich.

Im folgenden sind qualitative Beispiele des Motorbetriebs mit zweistufiger Einstellung der Zeitquerschnitte, mit Abgasdrosselung und Abgasaktivierung und mit Fremdzündung aufgelistet:

Geringe Last, geringe Drehzahl  
Ansaugdrosselklappe: vollständig geöffnet.  
Nockenform: Ventilunterschneidung.  
Einspritzung: Früh in das Abgas, Abgas nicht zu heiß und geringe Menge, viel Radikale bei nicht zu starker Durchmischung.  
Zündung: Kompressionszündung.  
Abgasdrosselklappe: Weitgehend geschlossen, hoher Abgasanteil, geringer Massendurchsatz.  
Geringe Last, hohe Drehzahl  
Ansaugdrosselklappe: Vollständig geöffnet.  
Nockenform: Ventilunterschneidung.  
Einspritzung: Früh in das Abgas, Abgas nicht zu heiß und geringe Menge, gute Durchmischung.  
Zündung: Kompressionszündung.  
Abgasdrosselklappe: Etwas weniger geschlossen, hoher Abgasanteil, höherer Massendurchsatz.  
Mittlere Last, geringe Drehzahl  
Ansaugdrosselklappe: Vollständig geöffnet.  
Nockenform: Ventilunterschneidung.  
Einspritzung: Später, noch in das Abgas, weil Abgas heißer und größere Kraftstoffmenge (Rußgefahr).  
Zündung: Kompressionszündung.  
Abgasdrosselklappe: Etwas weniger geschlossen, geringer Massendurchsatz, weniger Abgas zur Zündung erforderlich aufgrund höherer Abgastemperaturen.  
Mittlere Last, hohe Drehzahl  
Ansaugdrosselklappe: Vollständig geöffnet.  
Nockenform: Ventilunterschneidung.  
Einspritzung: Noch in das Abgas, viel Radikale, weil Abgas heißer und größere Kraftstoffmenge, gute Durchmischung.  
Zündung: Kompressionszündung.  
Abgasdrosselklappe: Geöffnet, höherer Massendurchsatz,

hohe Abgastemperaturen.

Hohe Last, alle Drehzahlen

Ansaugdrosselklappe: Vollständig geöffnet, Teillastregelung.

5 Nockenform: Ventilüberschneidung.

Einspritzung: Saughub.

Zündung: Funkenzündung.

Abgasdrosselklappe: Vollständig geöffnet.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer im Viertakt arbeitenden Hubkolbenbrennkraftmaschine, mit einem homogenen, mageren Grundgemisch aus Luft, Kraftstoff und zurückgehaltenem Abgas sowie mit Kompressionszündung und direkter Kraftstoffeinspritzung in einen Brennraum (3), dessen Volumen sich zyklisch ändert und der durch mindestens ein Einlaßorgan (5) mit Frischgas füllbar ist und dessen Verbrennungsabgase durch mindestens ein Auslaßorgan (6) zumindest teilweise ausschiebbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei Betrieb der Hubkolbenbrennkraftmaschine (15) im unteren und mittleren Teillastbereich die Kompressionszündung und mit vorzugsweise mechanisch gesteuerter Abgasrückhaltung zur Anwendung kommt, während die Hubkolbenbrennkraftmaschine (15) im Vollast- und hohen Teillastbereich ottomotorisch betrieben wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Zeitpunkt und Ablauf der Verbrennung bei Kompressionszündung durch die Menge und Reaktivität bzw. Temperatur des zurückgehaltenen Abgases und bei ottomotorischem Betrieb durch die Funkenzündung bestimmt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Menge des zurückgehaltenen Abgases durch Variation der Zeitquerschnitte der Gaswechselorgane (5, 6) und gegebenenfalls durch Variation des Abgasgegendrucks verändert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitquerschnitte der Gaswechselorgane (5, 6) durch Phasensteller mindestens einer Nockenwelle und durch steuerbare Tassenstößel mit Ventilhubbegrenzung kontinuierlich variiert werden.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitquerschnitte der Gaswechselorgane (5, 6) durch Änderung des Anlenkpunktes eines Rollenschlepphebels kontinuierlich variiert werden.

6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitquerschnitte der Gaswechselorgane (5, 6) durch Umschalten auf unterschiedliche Nocken in zwei Stufen variiert werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Zeitquerschnitte der Gaswechselorgane (5, 6) für ottomotorischen und Selbstzündungsbetrieb mindestens wie 2 : 1 verhalten.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitquerschnitte des Auslaßorgans (6) zumindest bei Selbstzündungsbetrieb größer als die der Einlaßorgane (7) sind.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Drosselung des Abgasstroms in einer Abgassammelleitung oder nach jedem Auslaßorgan (6) erfolgt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Abgasstrom nach dem engsten Querschnitt jeder Abgasdrossel in einem sich stetig erweiternden Querschnitt auf Umgebungsdruck entspannt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktivität bzw. die Temperatur des im Brennraum (3) zurückgehaltenen und komprimierten Abgases durch die Einspritzmenge und den Einspritzzeitpunkt eines in dieses eingespritzten Aktivierungskraftstoffs variiert wird. 5

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

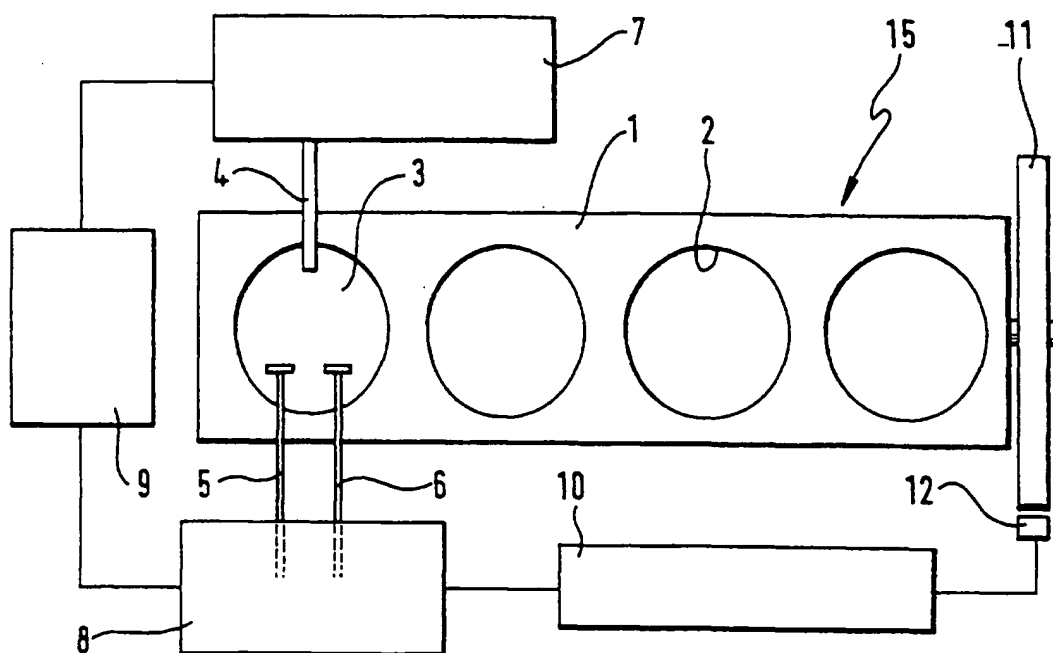


Fig. 1

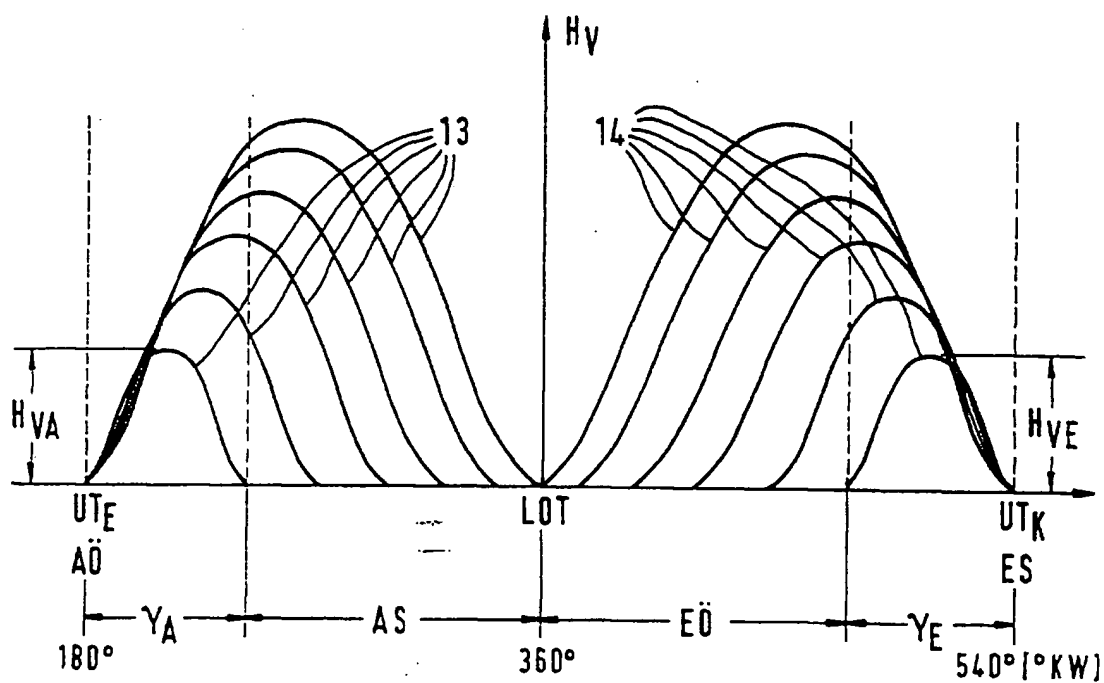


Fig. 2



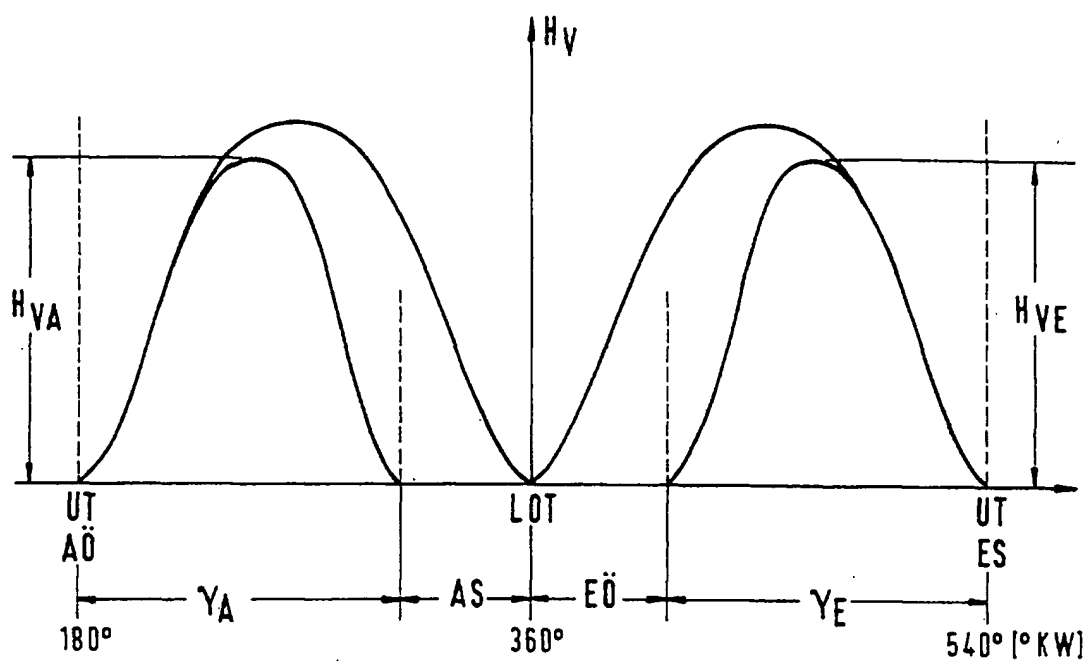


Fig. 3